

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 898 924**

51 Int. Cl.:

**B07B 13/10** (2006.01)

**B07B 13/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.05.2018 PCT/IB2018/053692**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2018 WO18224907**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2018 E 18732157 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.09.2021 EP 3634655**

54 Título: **Planta y proceso para la recuperación de metales no ferrosos a partir de una fracción fina de las cenizas húmedas de fondo de un incinerador**

30 Prioridad:

**05.06.2017 IT 201700061106**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**09.03.2022**

73 Titular/es:

**R.M.B. S.P.A. (100.0%)  
Via Montecanale 3 Fraz. Bottenago  
25080 Polpenazze del Garda (BS), IT**

72 Inventor/es:

**GOFFI, ANTONIO**

74 Agente/Representante:

**DURAN-CORRETJER, S.L.P**

ES 2 898 924 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Planta y proceso para la recuperación de metales no ferrosos a partir de una fracción fina de las cenizas húmedas de fondo de un incinerador

5 La presente invención se refiere a la recuperación de metales a partir de las cenizas y, en concreto, a una planta y a un proceso para mejorar la tasa de recuperación y la tasa de concentración de metales no ferrosos recuperados a partir de la fracción fina de las cenizas húmedas provenientes de incineradores de residuos sólidos urbanos (las denominadas cenizas de fondo del incinerador = IBA).

10 En general, en todos los incineradores la ceniza que sale de la cámara de combustión o postcombustión es extinguida en agua y, cuando se extrae del fondo del agua de extinción está compuesta, esencialmente, de minerales, grava, arena, vidrio y cerámica con una humedad media comprendida entre el 15 y el 20 %, además de metales tales como el acero ferromagnético (entre el 5 y el 7 % en peso) y una mezcla de metales no ferromagnéticos (NF) (entre el 3 y el 4 % en peso) tales como Al, Cu, Zn, Pb, Ag, Au, Pt, Pd, de los cuales aproximadamente 2/3 son metales ligeros, principalmente Al, y aproximadamente 1/3 son los metales pesados que quedan, la mayoría de los cuales pertenecen a la fracción "fina", es decir, con dimensiones inferiores a 6 mm.

20 Una vez extinguida en agua, esta ceniza tiene un contenido de humedad comprendido entre el 15 y el 20 % y, por lo tanto, debe ser tratada con un separador balístico adecuado para el tratamiento de un flujo de material húmedo que contiene partículas de varios tamaños de partícula, con el fin de separar las partículas más pequeñas de las más grandes y, a continuación, proceder a recuperar, con técnicas tradicionales, los metales presentes en el mayor tamaño de partícula, que están menos húmedos como resultado de la acción del separador. A continuación, se hará referencia específica a esta solicitud, no obstante, resulta claro que lo dicho también se aplica a otros flujos compuestos por un material empapado en agua y no muy compacto, en el que están dispersas partículas compactas que no absorben agua (habitualmente metal, plástico y similares).

30 Se conoce que un separador balístico consiste, esencialmente, en un dispositivo de alimentación, habitualmente una cinta transportadora, que transporta el material a procesar hasta un tambor motorizado situado por debajo, que gira rápidamente alrededor de un eje dispuesto perpendicular a la dirección de alimentación. La estructura tradicional de un tambor de un separador balístico consiste en un cilindro equipado con varias lamina de lanzamiento longitudinales separadas uniformemente, generalmente entre dos y cuatro, que se prolongan radialmente hacia el exterior desde la circunferencia del cilindro, y golpean el material que cae del alimentador proyectando los diferentes componentes del material a diferentes distancias, dependiendo de las propiedades de cada componente, con el fin de conseguir la separación.

35 Más específicamente, los componentes del material que son más ricos en agua y menos compactos en el momento del impacto amortiguan el golpe rompiéndose, y son lanzados relativamente cerca, así como las partículas más pequeñas, mientras que los componentes más compactos y más grandes reciben un empujón que los lanza más lejos y los hace significativamente menos húmedos. Estos últimos forman el denominado "positivo", es decir, material con un contenido bajo de humedad, mecánicamente consistente y con una fuerte presencia de metal, mientras que los primeros forman el denominado "negativo", es decir, material empapado en agua, con una consistencia mecánica baja, de pequeñas o muy pequeñas dimensiones y presencia de metal despreciable o muy pequeña.

45 Se pueden encontrar ejemplos de este tipo de separador balístico en las publicaciones de Patente WO 2009/123452 y EP 2412452, que están específicamente relacionadas con la recuperación de metales a partir de cenizas húmedas en incineradores de residuos, funcionando los separadores descritos en las mismas sobre material con partículas de hasta 15 mm, con el fin de separar partículas <2 mm de las partículas más grandes, de entre 2 y 15 mm. Debido a este amplio intervalo dimensional y al elevado caudal de material que puede ser procesado por metro de anchura utilizable del tambor de lanzamiento (del orden de entre 40 y 50 t/h), existe una alta probabilidad de que el material se superponga y se produzcan impactos entre las diversas partes lanzadas durante la trayectoria balística, lo que da como resultado una separación inexacta entre el negativo, de un tamaño comprendido entre 0 y 2 mm, y el positivo, de un tamaño comprendido entre 2 y 15 mm. La Patente WO 2015/128753 A1 da a conocer, asimismo, un separador balístico para cenizas húmedas a partir de residuos de incineración.

55 Como consecuencia, se predice la presencia de metales NF en el negativo y viceversa de material de desecho en el positivo; por lo tanto, es necesario utilizar un chorro de aire a una velocidad comprendida entre 15 y 20 m/s, transversalmente contra dicho material para reducir la presencia de lodos y pequeñas cenizas en el positivo, pero de esta manera también una parte de los metales NF es arrastrada hacia el negativo. Con el fin de no perder más metal, el tratamiento posterior de separación electromagnética con plantas tradicionales que incluyen extractores de hierro y separadores de corrientes parásitas se lleva a cabo a un nivel de concentración de metal comprendido entre el 30 y el 40 % en peso, lo que da como resultado una mezcla de bajo valor comercial, debido a que obligatoriamente requiere un proceso adicional en el sitio para concentrar más del 90 % de los metales NF recuperados.

65 En cambio, el proceso más común para el tratamiento de cenizas húmedas requiere que se dejen reposar entre 6 y

12 semanas para reducir de manera natural el contenido de humedad por debajo del 15 %, pero esto requiere la utilización de grandes espacios cubiertos y ventilados, con los costes de almacenamiento correspondientes, e incluso, la eliminación de las IBA después del período de reposo no es fácil, y representa un aumento adicional de los costes.

Esta ceniza relativamente seca puede ser cribada con un tamaño de grano  $>6$  mm utilizando cribas estándar, para el tratamiento tradicional con eliminadores de hierro y separadores de corrientes parásitas, y con un tamaño de grano  $<6$  mm utilizando cribas elásticas vibrantes y oscilantes. No obstante, la fracción fina  $<6$  mm de ceniza al 15 % de humedad todavía no es adecuada para tratamientos posteriores para la recuperación de los metales NF presentes en la misma, lo que resulta en un residuo importante, ya que esta fracción representa aproximadamente el 50 % de las IBA totales. De hecho, con los procesos de la técnica anterior es imposible tratar industrialmente la fracción fina  $<6$  mm, debido a que la ceniza húmeda menor de 2 mm, que representa entre el 60 y el 65 % de la fracción fina, es muy higroscópica y pegajosa y tiende a aglutinarse con el resto, imposibilitando la recuperación de los metales presentes en esa fracción.

Otro tipo de proceso implica el tratamiento por vía seca de las IBA, que son colocadas en un horno de secado para reducir el contenido de humedad de entre el 15 y el 20 % hasta aproximadamente el 5 %, de modo que la ceniza sea cribada fácilmente en diferentes tamaños. De esta manera, es posible recuperar metales NF en porcentajes incluso superiores al 90 % con la utilización de separadores de corrientes parásitas, siendo la mayor ventaja precisamente la recuperación de metales a partir de la fracción fina. No obstante, existen una serie de inconvenientes en un procedimiento de este tipo que sería desaconsejable adoptar, tales como:

- el alto coste de la planta, que implica la utilización de un secador grande, difícil de manejar;
- la necesidad de utilizar maquinaria resistente al polvo (cribas, cintas, placas vibratorias, eliminadores de hierro, separadores de corrientes parásitas, etc.) para la gestión de las cenizas secadas;
- un sistema de extracción de polvo con filtros de polvo que es complejo y costoso;
- altos costes de mantenimiento, debido al hecho de que las cenizas secas producen mucho desgaste;
- el coste de funcionamiento y el consumo de energía para el secador, que es del orden de entre 8 y 10 €/t de ceniza tratada.

El propósito de esta invención es dar a conocer una planta y un proceso que superen estos inconvenientes. Esto se consigue mediante una planta y un proceso en el que las cenizas con aproximadamente un 20 % de humedad son tratadas con cribas vibratorias elásticas (por ejemplo, de tipo Hein Lehmann), separando la fracción fina  $<6$  mm, que es separada mediante un tratamiento de separación balística en dos fases, en el que en la segunda fase el material tratado puede ser el negativo, el positivo o una parte intermedia proveniente de la primera fase. Otras características ventajosas están incluidas en las reivindicaciones dependientes.

Una primera ventaja importante de la presente invención es hacer que la mayoría de los metales ferrosos y no ferrosos presentes en la ceniza sean recuperables, con el fin de valorizarlos y, al mismo tiempo, reducir considerablemente los costes de eliminación de las cenizas desmetalizadas o incluso valorizarlas, por medio de la reutilización en plantas de cemento o como agregado para materiales de construcción.

Otra ventaja de esta invención proviene del hecho de que actuando solo sobre la fracción fina  $<6$  mm, la masa del material a tratar se reduce en un 50 %, se actúa sobre un material con un tamaño de grano más homogéneo y se obtiene una recuperación más precisa de los metales presentes en la ceniza.

Estas y otras ventajas y características de la planta y el proceso según la presente invención serán evidentes para los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada de algunas de sus realizaciones, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista lateral del tambor de un separador balístico de una planta, según la invención, con un diagrama de las diversas trayectorias de lanzamiento;

la figura 2 es una vista ampliada del detalle II de la figura 1;

la figura 3 es una vista similar a la figura 1, que muestra la influencia de la inclinación de las caras de impacto de las lamas de lanzamiento del tambor sobre la anchura del abanico de las trayectorias de lanzamiento;

las figuras 4 a 6 son diagramas esquemáticos de tres posibles configuraciones de planta;

la figura 7 es una vista lateral esquemática del sistema, según el diagrama de la figura 4, completado con algunos elementos adicionales para la recogida de los materiales separados; y

la figura 8 es una vista frontal esquemática de la planta de la figura 7.

Haciendo referencia a las figuras 1 a 3, se ve que en una planta según la presente invención se utilizan separadores balísticos de la técnica anterior, en los que el tambor 1 está equipado con lamas 2 de lanzamiento que tienen caras de impacto 3 con un extremo radialmente proximal más avanzado, en el sentido de rotación, que el extremo radialmente distal, de modo que el ángulo  $\alpha$  entre el plano diametral que contiene dicho extremo distal y la cara de impacto 3 tiene un valor comprendido entre aproximadamente  $10^\circ$  y  $45^\circ$ .

Un ejemplo preferente de un separador de este tipo se describe en la Patente WO 2015/128753, en la que las lamas 2 de lanzamiento son fácilmente reemplazables, para minimizar el tiempo de inactividad cuando el separador necesita ser ajustado a un ángulo  $\alpha$  diferente para tratar un material diferente, o incluso simplemente para reemplazar lamas desgastadas. Además, la cara de impacto 3 de las lamas 2 de lanzamiento tiene una pendiente lineal inclinada el ángulo  $\alpha$ , que está redondeada en una parte distal 3a para formar un segmento curvado en forma de evolvente sobre una altura de aproximadamente  $17 \pm 5$  % de la altura total de la lama 2 de lanzamiento.

De esta manera, los parámetros que pueden ser variados para adaptar el separador a las diferentes características del material a tratar (tamaño de partícula, contenido de humedad, etc.) no son solo la velocidad de rotación del tambor 1, la velocidad de alimentación del material y la posición del punto de caída del material con respecto al tambor 1, sino también la inclinación de las caras de impacto 3. Esto amplía considerablemente las posibilidades de ajuste del separador, puesto que los tres primeros parámetros mencionados anteriormente se afectan entre sí, de modo que sus intervalos de ajuste son bastante limitados. Por ejemplo, la velocidad de alimentación y la posición de la caída deben tener en cuenta la posición y la frecuencia de paso de las lamas 2 del tambor 1 para conseguir un correcto impacto sobre el material.

Este tipo de separador se define más correctamente como separador balístico-centrífugo, debido a que la ceniza, en su variada composición, una vez lanzada sigue trayectorias que varían según el punto de desprendimiento, la velocidad de lanzamiento, el tamaño, el peso y la resistencia del aire de cada partícula P individual que forma la propia ceniza. La dirección y la velocidad del lanzamiento se debe a la fuerza centrífuga que soporta cada partícula P en el momento del desprendimiento en la parte distal 3a de la lama 2, después de desplazarse a lo largo de la cara de impacto 3, tal como se describe mejor a continuación.

El resultado del lanzamiento es que los cuerpos metálicos, incluso de dimensiones relativamente pequeñas, y los materiales pétreos de dimensiones  $>2$  mm, se concentran en la segunda parte del intervalo (positivo), mientras que las cenizas de dimensiones  $<2$  mm, los barro (mush) y los lodos (slurry) presentes que en parte cubren, antes del lanzamiento, las partes sólidas, tales como metales y grava, caen en la primera parte del intervalo (negativo). Los fenómenos físicos que contribuyen a la obtención de este resultado son, en secuencia temporal:

- A. La anchura del abanico de caída de cenizas en el tambor 1, debido a que cuanto más ancho es dicho abanico, más ancho es el ángulo que define el abanico de las trayectorias del lanzamiento balístico-centrífugo;
- B. el impacto de la cara de impacto 3 de la lama 2, sobre la ceniza que cae;
- C. la fricción de las partículas P de ceniza contra la cara de impacto 3 de la lama 2, siendo esta fricción una fricción por deslizamiento y parcialmente por rodadura para grava y metales con superficies planas, mientras que es una fricción por rodadura para formas redondas, esféricas y cilíndricas que tienden a rodar (figura 2);
- D. el movimiento acelerado adquirido por las partículas P de ceniza deslizándose y rodando, o solo rodando, sobre la cara 3 hasta el momento del desprendimiento, después del cual las partículas P mantienen un movimiento rotatorio en el sentido opuesto al sentido de rotación del tambor 1, y este movimiento rotatorio genera en la superficie de cada partícula P una fuerza centrífuga que es capaz de vencer la fuerza de adhesión de los barro y el agua (figura 2);
- E. la resistencia del aire durante el vuelo, de modo que las partículas P describen parábolas más largas o más cortas en función del factor de forma (Cx), de la densidad del aire, del tamaño y de la velocidad de cada partícula P.

Gracias a esta combinación de fenómenos físicos es fácil separar las partículas de ceniza  $<2$  mm de las  $>2$  mm, al igual que es fácil lanzar metales en el sector de recogida de positivo, debido a que tienen un peso específico superior a la ceniza, así como un Cx más favorable por término medio.

Este análisis muestra que es posible calcular con una buena aproximación las trayectorias ideales que genera el separador balístico-centrífugo durante los lanzamientos, por lo que también es posible calcular el caudal ideal de ceniza según sus características (humedad, tamaño, etc.), con el fin de reducir al mínimo el solapamiento de las partículas P de ceniza y los impactos entre ellas a lo largo de la trayectoria de lanzamiento. Mediante la corrección de la trayectoria según la resistencia del aire, es posible trazar un abanico de trayectorias fiable, de lo que resulta que, con un solo lanzamiento, no es posible obtener un positivo sobre el que se pueda actuar fácilmente, y que contenga el 90 % o más de metales no ferrosos presentes en la ceniza  $<6$  mm con un 20 % de humedad.

La innovación fundamental de esta planta y proceso es, por lo tanto, la utilización de un sistema de separación balístico-centrífugo que implica la utilización de dos tambores, preferentemente equipados con cuatro lamas separadas  $90^\circ$ . Sobre la base de los estudios y ensayos realizados, el primero de los dos tambores es capaz de procesar, por cada metro de anchura útil del tambor, un caudal orientativo de 20 t/h de ceniza  $<6$  mm con un nivel de humedad de aproximadamente el 20 %, por lo tanto, con una anchura de 1,5 m, el caudal ideal es de 30 t/h, con una anchura de 2 m, es de 40 t/h, y así sucesivamente.

Por ejemplo, el primer tambor 1 considerado anteriormente tiene un diámetro de  $525 \pm 25$  mm con cuatro lamas 2 de  $50 \pm 10$  mm de altura, y la cara de impacto 3 tiene una inclinación  $\alpha = 15^\circ \pm 3^\circ$ . La cinta que alimenta la ceniza tiene una velocidad de  $0,20 \pm 0,05$  m/s, y el grosor de la capa de ceniza sobre la cinta, regulado por un deflector especial,

está comprendido entre 25 mm y 35 mm, siendo preferentemente, de 28 mm.

Téngase en cuenta que cuanto mayor es el ángulo  $\alpha$ , menor es la anchura del abanico de las trayectorias descritas por la ceniza durante el lanzamiento; por ejemplo, si en un ángulo  $\alpha = 0^\circ$  las trayectorias de lanzamiento ideales describen un abanico con un ángulo  $\beta_1$ , desde la trayectoria horizontal con respecto a la trayectoria inferior, en un ángulo  $\alpha = 15^\circ$ , el abanico tiene un ángulo  $\beta_2$  que es aproximadamente la mitad de ese ángulo (figura 3). De esta manera, las trayectorias de lanzamiento ideales caen dentro de un abanico no demasiado ancho, y las partículas P de ceniza describen trayectorias no demasiado heterogéneas, debido a que sufren un frenado más o menos equivalente (según el fenómeno físico referido en el punto E anterior).

Las dimensiones y parámetros de funcionamiento del segundo tambor son sustancialmente iguales que los del primer tambor, excepto por la inclinación de la cara de impacto 3, que aumenta entre un 30 y un 40 %, pasando, preferentemente, de aproximadamente el  $15^\circ$  del primer tambor a aproximadamente el  $20^\circ$  del segundo tambor. De esta manera, la anchura del abanico de las trayectorias de lanzamiento se reduce en aproximadamente 1/3 en comparación con el primer tambor, y el segundo tambor es capaz de separar con mayor precisión las partículas P de ceniza de un tamaño  $<2$  mm, enviándolas a la zona de recogida del negativo, de las cenizas  $>2$  mm y, en concreto, de los metales, incluso de tamaño pequeño, pero de peso superior, ya que tienen una densidad mucho mayor.

La presente planta con un separador balístico-centrífugo doble puede estar dispuesta en tres configuraciones y, por lo tanto, modos de funcionamiento, diferentes, tal como se muestra en los diagramas de las figuras 4 a 6 y se muestra a continuación (todos los porcentajes están expresados en peso).

1ª configuración (figura 4): Después de la separación de la fracción fina  $<6$  mm por medio de un sistema de cribado 4, un primer separador 5 actúa sobre esta fracción fina, con un primer tambor girando a una velocidad tal que dirige hacia la zona de recogida de positivo (pos1) entre el 25 y el 30 % de material con tamaño de grano  $>2$  mm, que contiene alrededor del 70 % del metal NF presente en la fracción fina, mientras que un segundo separador 6 recibe, mediante una cinta de recogida de negativo (neg1), entre el 70 y 75 % restante de la ceniza. Este segundo separador 6 actúa sobre dicho negativo (neg1) con un segundo tambor girando a una velocidad que es de aproximadamente entre un 10 y un 15 % mayor que la velocidad del primer tambor, con el fin de lanzar hacia la recogida del positivo (pos2) aproximadamente otro 10 % de material que, a su vez, incluirá otro 70 % del metal NF que queda en el primer negativo (neg1) correspondiente a aproximadamente otro 21 % del metal NF total contenido en la ceniza  $<6$  mm. De esta manera, en el positivo combinado de los dos separadores 5, 6 (pos1 + pos2) se recoge entre el 35 y el 40 % de la ceniza  $>2$  mm que contiene aproximadamente el 90 % del metal NF presente al inicio, para ser enviado a una línea posterior de recuperación de metales RM, mientras que en el negativo residual (neg2) queda una cantidad mínima de metales, lo que facilita su eliminación o reutilización.

2ª configuración (figura 5): En este caso, el primer separador 5 actúa sobre la fracción fina proveniente del sistema de cribado 4, con un primer tambor girando a una velocidad (por ejemplo, de 1000 rpm) que es aproximadamente entre un 20 y un 25 % superior a la velocidad de la primera configuración, de modo que solo alrededor del 40 % de la ceniza que contiene la mayor parte de los lodos y la ceniza  $<2$  mm y algunos puntos porcentuales de metales NF sean dirigidos a la zona de recogida del negativo (neg1), mientras que el restante aproximadamente 60 % (pos1) que incluye la mayoría de los metales NF y la grava de un tamaño comprendido entre 2 y 6 mm, parte de la ceniza  $<2$  mm y los lodos son recogidos con una cinta y enviados al segundo separador 6. Este segundo separador 6 actúa sobre dicho positivo (pos1), con un segundo tambor girando a una velocidad (por ejemplo, de 850 rpm) que es aproximadamente entre un 15 y un 20 % menor que la velocidad del primer tambor, de modo que lance hacia la recogida del negativo (neg2) los lodos restantes con la ceniza  $<2$  mm, mientras que el segundo positivo (pos2) recoge entre el 35 y el 40 % de la ceniza  $>2$  mm que contiene aproximadamente el 90 % del metal NF presente al inicio, para ser enviado a una línea posterior de recuperación de metal RM. Asimismo, en este caso, en el negativo combinado de los dos separadores 5, 6 (neg1 + neg2) queda una cantidad mínima de metales lo que facilita su eliminación o reutilización.

3ª configuración (figura 6): En este caso, cuando el primer separador 5 actúa sobre la fracción fina proveniente del sistema de cribado 4, el material es separado en tres sectores de recogida, es decir, una zona de recogida del negativo (neg1) que recoge alrededor del 25 % de la ceniza compuesta de las partes más finas llenas de lodos y casi sin metales, una zona de recogida del positivo (pos1) que recoge otro 25 % compuesto por grava de un tamaño comprendido entre aproximadamente 3 y 6 mm, y que contiene aproximadamente el 70 % de los metales NF presentes en la fracción fina, y una zona intermedia (int), que recoge el 50 % restante de un tamaño comprendido entre aproximadamente 1 y 3 mm, sobre el que no se puede actuar adecuadamente, que es recogido por una cinta y enviado al segundo separador 6. Este segundo separador 6 actúa sobre dicho material intermedio (int) con un segundo tambor giratorio que concentra en el positivo (pos2) otro 10 % de ceniza  $>2$  mm, que contiene el metal NF restante, que es combinado con el 25 % del primer positivo (pos1) y enviado a una línea posterior de recuperación de metal RM. Asimismo, en este caso, en el negativo combinado de los dos separadores 5, 6 (neg1 + neg2) queda una cantidad mínima de metales, lo que facilita su eliminación o reutilización.

Haciendo referencia a las figuras 7 y 8, se puede ver que un sistema según la presente invención comprende un primer separador balístico 5 equipado con un tambor 1 alimentado por una primera cinta transportadora 7, accionado

por un motor de velocidad variable, y equipado con un deflector 8 desplazable verticalmente para la regulación del grosor de la capa de material. La cinta transportadora 7 está dotada de medios para ajustar su posición con respecto al tambor 1, estando montada preferentemente sobre correderas cuya posición está definida por tornillos sin fin, para establecer correctamente la trayectoria de caída del material para que coincida con la cara de impacto de las lamas 2 de lanzamiento del tambor 1 situado por debajo, que gira rápidamente, también accionado por un motor de velocidad variable, alrededor de un eje dispuesto perpendicular a la dirección de alimentación del material.

Gracias a la variabilidad del ángulo  $\alpha$  de la cara de impacto 3, es posible hacer que el separador funcione con trayectorias variables de caída de material mediante el ajuste de la posición y la velocidad de la cinta transportadora 7, ya que es posible preparar, para cada trayectoria, una inclinación específica de la cara de impacto 3, con el fin de obtener cada vez, que la dirección de lanzamiento inicial del material sea sustancialmente ortogonal a la trayectoria de caída. Esto permite optimizar tanto el caudal del material según su tamaño de grano, como la deshumidificación de los componentes compactos a recuperar y la concentración de metal en los mismos. Además, la velocidad de alimentación del material puede ser aumentada para conseguir una mayor productividad del separador, es decir, un mayor caudal por hora de material tratado.

Por lo tanto, la posibilidad de variar las trayectorias de caída del material (y, en consecuencia, las trayectorias de lanzamiento) permite orientar mejor los componentes compactos con presencia de metales a recuperar, tanto en función de los porcentajes de la presencia de estos componentes, como en función del grado de humedad y de la velocidad de alimentación de material.

Una segunda cinta transportadora 9, que se desplaza en sentido opuesto con respecto a la primera cinta transportadora 7, recoge el primer negativo (neg1) y lo transporta hacia el segundo separador 6, donde una tercera cinta transportadora 7' alimenta al segundo tambor 1' y está equipada con un deflector 8' correspondiente que se desplaza verticalmente para ajustar el grosor de la capa de material. La inclinación de la segunda cinta transportadora 9 puede ser ajustada para aumentar o disminuir las trayectorias que alcanzan la zona de recogida del positivo 10 (pos1) y, por el contrario, disminuir o aumentar la del negativo (neg1) a ser relanzado.

La tercera cinta transportadora 7' es, preferentemente, idéntica a la primera cinta transportadora 7 y, en cualquier caso, está dotada de medios para ajustar su velocidad y posición con respecto al segundo tambor 1', que, a su vez, es, preferentemente, idéntico al primer tambor 1', excepto por la mayor inclinación de la cara de impacto 3, tal como se explicó anteriormente. Una cuarta cinta transportadora 9' recoge el segundo negativo (neg2) y lo transporta a un contenedor 11, siendo dicha cuarta cinta transportadora 9', preferentemente, idéntica a la segunda cinta transportadora 9, y teniendo, en todo caso, una inclinación ajustable como esta última, para variar la zona 12 de recogida del positivo (pos2).

Las cenizas  $>2$  mm que contienen los metales ferrosos y no ferrosos son recogidas, a continuación, en un contenedor 13 que recibe el positivo de las zonas de recogida 10, 12 que están equipadas con sistemas de amortiguación de la energía cinética tales como cadenas 14, dispuestas a varias alturas y distancias a lo largo de las trayectorias, y un recubrimiento 15 de un material amortiguador y resistente al desgaste (por ejemplo, Vulkollan).

Los cambios a realizar en la planta mostrada en las figuras 7 y 8 para obtener las configuraciones de los diagramas en las figuras 5 y 6, son obvios para un experto en la materia. Por ejemplo, en la segunda configuración de la figura 5, la segunda cinta transportadora 9 recibe el positivo (pos1) en lugar del negativo (neg1), que va directamente al contenedor 11, y en la tercera configuración de la figura 6, la segunda cinta transportadora 9 recibe el material intermedio (int), mientras que el negativo (neg1) y el positivo (pos1) van directamente a los contenedores 11, 13, respectivamente.

Por lo tanto, esta planta de separación es adecuada para tratar la fracción fina de diversos tipos de material granular húmedo (humedad comprendida entre el 10 y el 30 %, tamaño de partícula de hasta 6 mm) con la presencia de metales y otros materiales compactos, para ser concentrada y deshumidificada para una posterior separación específica, por ejemplo, a través de eliminadores de hierro, separadores de corrientes parásitas, tablas densimétricas, filtrado del aire, etc.

Por lo tanto, el proceso relevante implementado por esta planta puede ser resumido en las siguientes fases:

- (a) cribado de las cenizas, para separar la fracción fina  $<6$  mm;
- (b) una primera separación balística de dicha fracción fina en al menos una primera parte del negativo (neg1) de un tamaño sustancialmente  $<2$  mm y una primera parte de positivo (pos1) de un tamaño sustancialmente comprendido entre 2 y 6 mm;
- (c) una segunda separación balística de una de las partes obtenidas en la etapa (b) en una segunda parte de negativo (neg2) de un tamaño sustancialmente  $<2$  mm y una segunda parte de positivo (pos2) de un tamaño sustancialmente comprendido entre 2 y 6 mm;
- (d) la recogida de dicha segunda parte de negativo (neg2) y de dicha segunda parte de positivo (pos2) en sus respectivos contenedores (11, 13), junto con la parte o partes correspondientes obtenidas en la etapa (b) y no separadas en la etapa (c).

5 En concreto, en el tercer modo de funcionamiento descrito anteriormente, la fracción fina es separada en la fase (b) en una primera parte de negativo (neg1), una primera parte de positivo (pos1) y una parte intermedia (int), que es la que es separada en la siguiente fase (c), mientras que las otras dos partes (neg1, pos1) pasan directamente a recogida en la fase (d).

10 Está claro que las realizaciones descritas y mostradas anteriormente de la planta y el proceso según la invención son solo ejemplos susceptibles de numerosas variaciones dentro del alcance de las reivindicaciones. En concreto, las dimensiones de los tambores 1, 1' y las lamas 2 de lanzamiento, así como el número de lamas de lanzamiento, pueden variar según requisitos de diseño específicos dentro del alcance de las reivindicaciones. Asimismo, los medios para ajustar los parámetros de funcionamiento de la planta, tales como la velocidad de rotación de los tambores, la velocidad de alimentación de las cintas transportadoras y su posicionamiento, etc., pueden ser de cualquier tipo adecuado para tal fin, dentro del alcance de las reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Planta de separación, para el tratamiento de cenizas de fondo del incinerador y materiales similares con entre el 10 y el 30 % de humedad y un tamaño de grano <6 mm, que comprende un sistema de cribado (4) capaz de separar una fracción fina que tenga dicho tamaño de grano, un primer separador balístico (5), dotado de una primera cinta transportadora (7) de velocidad variable, que alimenta el material de dicha fracción fina a un primer tambor (1) de velocidad variable que gira alrededor de un eje dispuesto perpendicularmente a la dirección de alimentación de material, así como de una segunda cinta transportadora (9), que recoge una parte del material separada por dicho primer separador balístico (5), estando dicha primera cinta transportadora (7) dotada de medios para ajustar su posición con respecto a dicho primer tambor (1) y el grosor de la capa de material que alimenta al primer tambor (1), que está dotado de una pluralidad de lamas (2) de lanzamiento longitudinales separadas uniformemente, que se prolongan sustancialmente en una dirección radial, y dotadas de una cara de impacto (3) en el lado orientado hacia el sentido de rotación del tambor (1), teniendo dicha cara de impacto (3) un extremo radialmente proximal más avanzado, en el sentido de la rotación, que el extremo radialmente distal, por lo que el ángulo de inclinación ( $\alpha$ ) comprendido entre el plano diametral que contiene dicho extremo distal y la cara de impacto (3) tiene un valor comprendido entre 10° y 45°, estando dicha planta de separación **caracterizada por que** incluye, además, un segundo separador balístico (6) dotado de una tercera cinta transportadora (7') de velocidad variable, que alimenta el material a tratar a un segundo tambor (1') de velocidad variable que gira alrededor de un eje dispuesto perpendicularmente a la dirección de alimentación del material, así como una cuarta cinta transportadora (9'), que recoge una parte del material separada por dicho segundo separador balístico (6), estando dicha tercera cinta transportadora (7') dotada de medios para ajustar su posición con respecto a dicho segundo tambor (1') y el grosor de la capa de material que alimenta al segundo tambor (1'), que está dotado de una pluralidad de lamas (2) de lanzamiento que tienen las mismas características que las lamas (2) de lanzamiento del primer tambor (1), estando dispuesta dicha segunda cinta transportadora (9) para alimentar a la tercera cinta transportadora (7').
2. Planta de separación, según la reivindicación 1, **caracterizada por que** comprende, además, medios para ajustar la inclinación de la segunda cinta transportadora (9) y/o de la cuarta cinta transportadora (9').
3. Planta de separación, según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que** las zonas de recogida del positivo (10, 12) de los dos separadores balísticos (5, 6) están dotadas de sistemas que reducen la energía cinética de las partículas (P) entrantes, preferentemente, cadenas (14) dispuestas a diferentes alturas y distancias a lo largo de las trayectorias y un recubrimiento (15) de un material amortiguador y resistente al desgaste.
4. Planta de separación, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la cara de impacto (3) de las lamas (2) de lanzamiento tiene un desarrollo lineal inclinado según el ángulo de inclinación ( $\alpha$ ) que es redondeado en una parte distal (3a) hasta un segmento curvado en forma de envolvente sobre una altura igual al  $17 \pm 5$  % de la altura total de la lama (2).
5. Planta de separación, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** incluye, además, medios para fijar de manera desmontable las lamas (2) sobre los tambores (1, 1').
6. Proceso de separación para el tratamiento de cenizas de fondo de un incinerador y materiales similares con entre un 10 y un 30 % de humedad y un tamaño de grano <6 mm, mediante una planta de separación, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye las siguientes etapas:
- cribado del material a tratar para separar una fracción fina que tiene dicho tamaño de grano;
  - una primera separación balística de dicha fracción fina, como mínimo, en una primera parte de negativo (neg1), sustancialmente <2 mm y una primera parte de positivo (pos1), sustancialmente de un tamaño comprendido entre 2 y 6 mm, por medio del primer separador balístico (5);
  - una segunda separación balística de una de las partes obtenidas en la etapa b) en una segunda parte de negativo (neg2) con un tamaño sustancialmente <2 mm y una segunda parte de positivo (pos2) con un tamaño sustancialmente comprendido entre 2 y 6 mm, por medio del segundo separador balístico (6),
  - recogida de dicha segunda parte de negativo (neg2) y dicha segunda parte de positivo (pos2) en contenedores (11, 13) correspondientes junto con la parte o partes correspondientes obtenidas en la etapa b) y no separadas en la etapa c).
7. Proceso de separación, según la reivindicación 6, **caracterizado por que** la fracción fina es separada en la etapa b) en una primera parte de negativo (neg1), una primera parte de positivo (pos1) y una parte intermedia (int) que es la que es separada en la etapa c) posterior, mientras que las otras dos partes (neg1, pos1) van directamente a la recogida en la etapa d).
8. Proceso de separación, según la reivindicación 7, **caracterizado por que** la primera parte de negativo (neg1) incluye aproximadamente el 25 % en peso de la fracción fina, y consiste en las partículas más finas, la primera parte de positivo (pos1) incluye otra de aproximadamente el 25 % con un tamaño de entre aproximadamente 3 y 6 mm, y la parte intermedia (int) incluye aproximadamente el 50 % restante de un tamaño comprendido entre aproximadamente 1 y 3 mm, de la cual en la etapa c) posterior es separada una segunda parte de positivo (pos2)

que incluye otro aproximadamente 10 % de material con un tamaño de grano >2 mm.

- 5 9. Proceso de separación, según la reivindicación 6, **caracterizado por que** la fracción fina es separada en la etapa b) en una primera parte de positivo (pos1), que incluye aproximadamente entre un 25 y un 30 % en peso de la fracción fina y consiste en material con un tamaño de grano >2 mm, y una primera parte de negativo (neg1), que incluye entre el 70 y el 75% restante, de la que, en la etapa c) siguiente, es separada una segunda parte de positivo (pos2) que incluye otro 10 % aproximadamente de material con un tamaño de grano >2 mm.
- 10 10. Proceso de separación, según la reivindicación 9, **caracterizado por que** en la etapa c) un segundo tambor giratorio (1') del segundo separador balístico (6) gira a una velocidad que es aproximadamente entre un 10 y un 15 % superior a la velocidad de un primer tambor giratorio (1) del primer separador balístico (5).
- 15 11. Proceso de separación, según la reivindicación 6, **caracterizado por que** la fracción fina es separada en la etapa b) en una primera parte de negativo (neg1), que incluye aproximadamente el 40 % en peso de la fracción fina, y consiste en material con tamaño de grano <2 mm, y una primera parte de positivo (pos1) que incluye el restante aproximadamente 60 %, de la que en la siguiente etapa c) es separada una segunda parte de positivo (pos2), que incluye aproximadamente entre el 35 y el 40 % de material con un tamaño de grano >2 mm.
- 20 12. Proceso de separación, según la reivindicación 11, **caracterizado por que**, en la etapa c), un segundo tambor giratorio (1') del segundo separador balístico (6) gira a una velocidad que es aproximadamente entre un 15 y un 20 % menor que la velocidad de un primer tambor giratorio (1) del primer separador balístico (5).
- 25 13. Proceso de separación, según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 12, **caracterizado por que** en la etapa c) un segundo tambor rotatorio (1') del segundo separador balístico (6) está dotado de lamas (2) de lanzamiento que tienen una inclinación ( $\alpha$ ) de la cara de impacto (3) que es superior entre un 30 y un 40 % con respecto a las lamas (2) de lanzamiento de un primer tambor giratorio (1) del primer separador balístico (5), variando preferentemente desde los aproximadamente 15° de dicho primer tambor (1) hasta los aproximadamente 20° de dicho segundo tambor (1').
- 30 14. Proceso de separación, según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 13, **caracterizado por que** la fracción fina es alimentada en la etapa b) con un nivel de humedad de aproximadamente el 20 % y un caudal de aproximadamente 20 t/h por cada metro de anchura útil de un primer tambor (1) rotatorio del primer separador balístico (5).

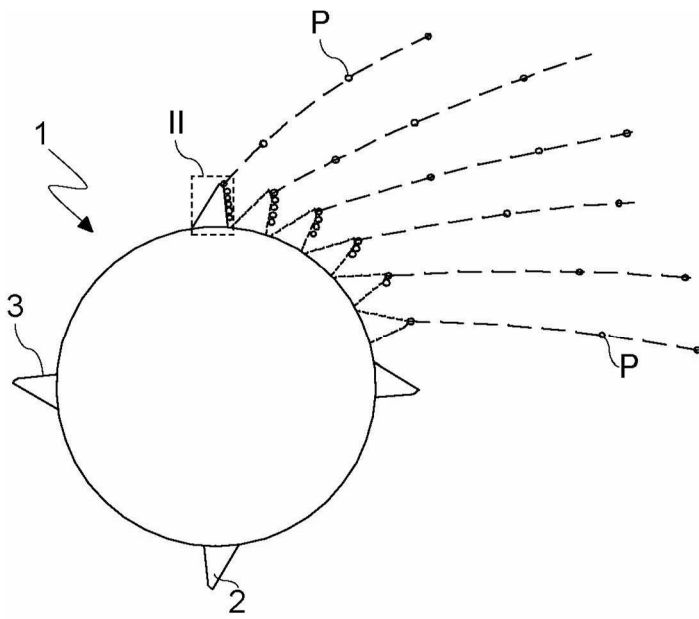


Fig. 1

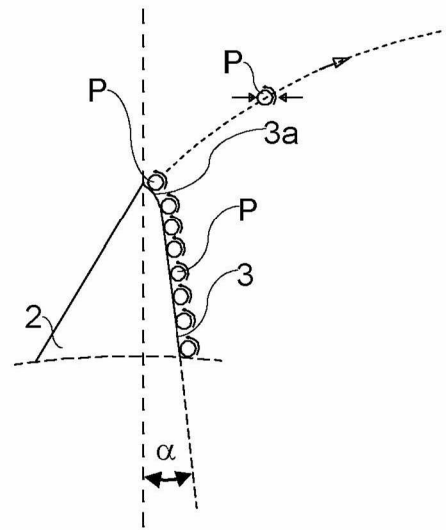


Fig. 2

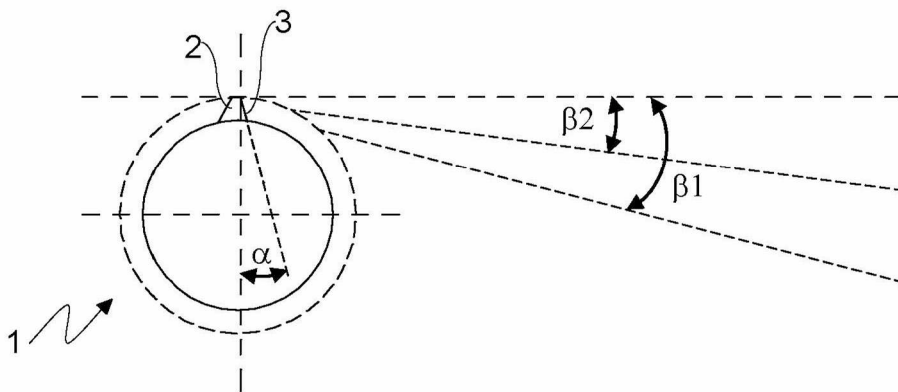


Fig. 3

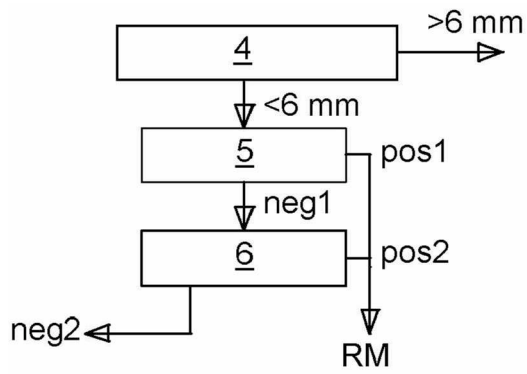


Fig.4

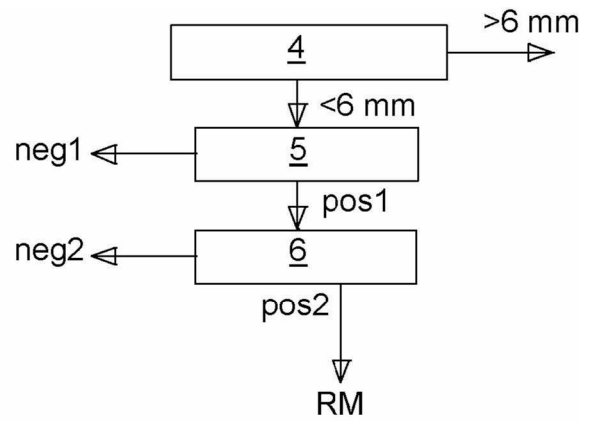


Fig.5

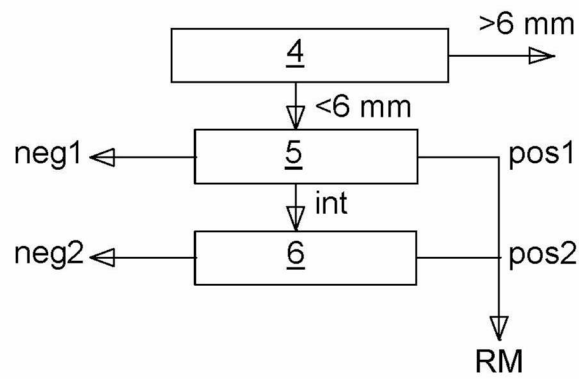
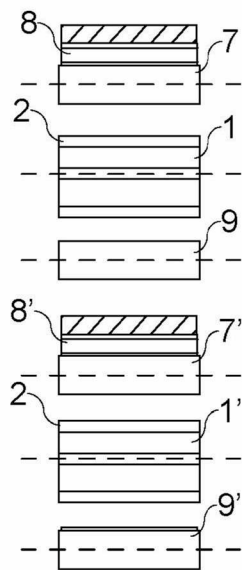
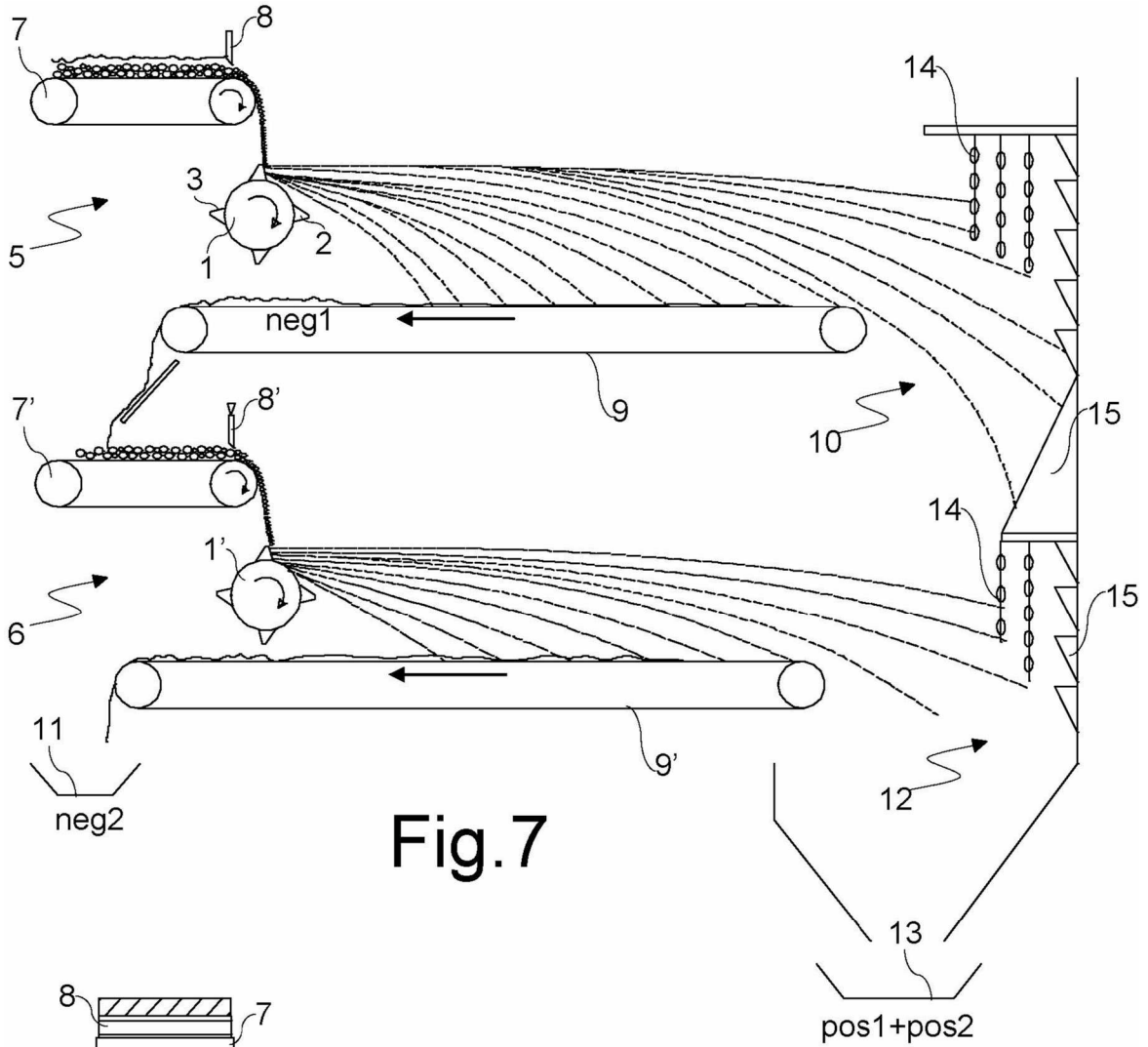


Fig.6



**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

*Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.*

**Documentos de patentes citados en la descripción**

- WO 2009123452 A
- EP 2412452 A
- WO 2015128753 A1
- WO 2015128753 A